

Etude sur les bactéries du lac de Champex (1465 m. d'altitude) et sur leurs oscillations dans les différentes saisons

par Joseph LUGON, pharmacien

*(Thèse présentée à la Faculté des sciences
de l'Université de Lausanne)*

INTRODUCTION

L'analyse bactériologique d'une eau doit répondre à deux conditions :

1. Evaluer d'abord, avec une suffisante approximation naturelle, le nombre des germes qui se trouvent dans une eau donnée : c'est l'analyse quantitative.

2. Reconnaître, parmi les espèces, s'il s'en trouve de nuisibles ou suspectes, pouvant fournir des indications précieuses sur les différentes influences subies par l'eau : c'est l'analyse qualitative.

De tout temps, l'homme a attribué à l'eau de boisson une grande influence sur la santé. De nos jours, l'analyse bactériologique des eaux s'impose, vu les rapports étroits qui existent entre la teneur des eaux en germes, les souillures subies et le développement d'un grand nombre de maladies infectieuses pour l'homme, les animaux domestiques et les poissons.

La plupart des germes de l'eau sont inoffensifs ; mais même des germes inoffensifs deviennent nuisibles par leur grand nombre ou leur association.

Les eaux sont souvent pures à leur origine, mais elles se contaminent au fur et à mesure qu'elles s'éloignent de leur point d'émergence et descendent dans les vallées sous l'influence de divers facteurs : poussières de l'air, écoulement sur le sol, action des phénomènes météorologiques, présence des hommes et des animaux, etc.

Les différents observateurs ont étudié spécialement les eaux de la plaine ; aussi nous possédons des renseignements très précis sur la quantité et la qualité des germes de nos grands lacs suisses. Par contre, nous n'avons que de rares renseignements sur les lacs alpins. Les difficultés et les inconvénients de transporter à la montagne des appareils lourds et parfois encombrants, l'éloignement des laboratoires, l'obligation de travailler en plein air et par les intempéries n'encouragent guère les recherches de ce genre.

Sur l'initiative de M. le Prof. Dr B. Galli-Valerio, et grâce à l'appui de l'Etat du Valais, une station de recherches a été organisée au lac de Champex dans une dépendance de l'Hôtel Crettex dans le double but : d'étudier la reproduction et les maladies du gibier à la montagne et la pisciculture dans les lacs des Alpes. Le lac de Champex se prêtait à ces dernières recherches, car il contient déjà une série de poissons tels que : *Salmo irideus*, *Salmo salvelinus*, *Trutta fario*, *Trutta lacustris*, *Squalius cavedanus* et *Phoxinus laevis*. Or, comme durant la saison d'été de nombreux hôtes séjournent à Champex et que l'on a installé au bord du lac un petit établissement de bains, il était intéressant d'étudier la flore bactérienne du lac de Champex et ses oscillations, vu l'influence que ces eaux peuvent avoir non seulement sur la santé des personnes qui y séjournent (troubles intestinaux, conjonctivites par les eaux des bains souillées), mais aussi sur les poissons. Nous savons, en effet, que certaines maladies des poissons (furonculose des truites par exemple) sont dues à l'action nuisible des bactéries et des matières organiques déversées dans les cours d'eau. (*Steinmann und Surbeck.*) (22.)

L'idée d'étudier les eaux du lac de Champex au point de vue bactériologique m'a été suggérée par mon Maître, M. le Prof. Galli-Valerio.

La teneur bactérienne d'une eau est très variable. Il est donc indispensable dans ce genre d'observations de faire des analyses quantitatives et qualitatives répétées durant de nombreux mois. Ce sont seulement, dit *Macé* (15.), les numérations faites suivant

une méthode uniforme, à des intervalles réguliers et rapprochés durant plusieurs saisons, qui fourniront des indications bien établies, détermineront assez exactement le nombre et la qualité des germes et révéleront de quelles influences dépend la contamination d'une eau.

Avant d'aborder mon sujet, je citerai quelques observations faites par certains expérimentateurs sur les bactéries des eaux des lacs.

Massol (16.) étudia, en 1892 et 1893, les eaux du lac Léman (petit lac) au point de vue alimentaire. Le minimum des germes trouvés fut de 1,3 par cm^3 et le maximum de 4125. Il constata : que la pureté de l'eau du lac provenait des phénomènes de sédimentation vu l'absence de courant, qu'à une période de grande intensité lumineuse, soit en été, sous l'effet de l'oxydation et de l'autoépuration correspondait une diminution considérable du nombre des germes et que, réciproquement, à une période peu lumineuse, soit en automne et en hiver, correspondait une augmentation progressive de la contamination des eaux. Il affirma aussi n'avoir jamais rencontré un *Bactérium coli* répondant à tous les caractères de cette bactérie.

Dienert (4.) et *Guillerd* (9.), étudièrent, 20 ans plus tard, ces mêmes eaux pour un projet d'adduction des eaux du lac Léman en vue de l'alimentation de Paris. Comme pour *Massol* (16.), les mois d'été fournissent les plus faibles et les mois d'automne et d'hiver les plus fortes quantités de bactéries. D'après eux, le lac Léman est contaminé par les rivières affluentes, les égoûts, la population riveraine et les précipitations météorologiques. Son épuration, d'autre part, est due à la lumière, à la décantation, au milieu non favorable pour certains germes et à la concurrence vitale des espèces.

Lavanchy (11.) étudia la flore bactérienne du lac Léman (petit lac) et isola un certain nombre de microbes aérobies des groupes : *Bacterium fluorescens liquefaciens* et *Bacterium fluorescens non liquefaciens*. Il décrivit en outre quelques espèces nouvelles telles que : *Bacterium chodati*, *Bacterium genevense*, *Bacterium lemanense* I, II, III, IV et V, *Bacterium seileri*, *Micrococcus subcandicans*, etc.

Farah (6.) constata l'influence du vent et des courants sur l'infection du lac et de la plage de Vidy et prouva que la souillure

dûe au Flon, qui possède une flore microbienne considérable, se fait sentir jusqu'à 100 mètres du bord.

Roth (21.), travaillant sur les eaux du lac de Zurich, remarqua en surface des oscillations variant de 260 germes à 3240 et même 7150 par cm^3 .

Minder (18.) publia des observations faites sur le même lac. Il concluait : Le nombre des germes diminue avec la profondeur ; le maximum des germes se trouve en mars, le minimum de juin à novembre ; cette diminution est due à l'intensité et à la durée de la lumière.

Mirer (19.), étudiant la vase du lac de Zurich, trouva que le nombre des bactéries contenues dans la boue sédimentée des canalisations déversant une eau souillée dans le lac, était supérieur à celui de l'eau et à celui des autres vases prises à différentes places dans le lac.

Nussbaumer (20.), dans son étude sur les eaux du lac de Zoug, insista sur l'action des vents dans la souillure des eaux : si le courant souffle des bords vers le large, les couches d'eaux souillées sont transportées au loin tandis que si, au contraire, le vent souffle du large vers la terre, les eaux souillées des affluents restent sur les bords et la pollution est plus forte sur les bords. Par temps chaud et calme, cette souillure se fait sentir jusqu'à 400 et 500 mètres du bord.

E. B. Fred, *F. C. Wilson* et *A. Davenport* (7.) étudièrent durant 4 ans les bactéries des eaux du lac de Mendota dans le Wisconsin (Etats-Unis). Ils firent des prélèvements d'eaux chaque deux semaines. Ils trouvèrent un nombre de germes variant de 30 à quelques centaines : ils constatèrent chaque année de fortes oscillations atteignant même un maximum de 40,000 germes au cm^3 . Outre les causes naturelles telles que le vent, les conditions météorologiques, les saisons, l'augmentation était due au développement des bactéries autochtones et aux apports provoqués par les affluents et les travaux de drainage.

Düggeli (5.), le seul observateur des eaux d'un lac de montagne, remarqua à la surface du lac Ritom, plus de 100 germes au cm^3 . Il constata, à la profondeur de 12,7 mètres, 2000 germes, soit le maximum. A partir de cette zone, l'eau était stérile : il expliqua ce phénomène par le fait que, à partir de 13 mètres, se trouvait de l'Hydrogène sulfuré dont la teneur en mmgr. par litre

d'eau allait en augmentant avec la profondeur et ce gaz ou tuait les bactéries, ou les empêchait de se développer.

Avant d'exposer mes recherches personnelles, je me fais un devoir et un plaisir de remercier très sincèrement les personnes qui s'intéressèrent à moi et me prêtèrent aide :

M. le Prof. *B. Galli-Valerio*, à qui j'exprime ma profonde reconnaissance pour la bienveillance qu'il m'a toujours témoignée pendant mes études et la préparation de ce travail, ainsi que pour les précieux conseils qu'il m'a sans cesse prodigués ;

M^{me} V^{ve} *Emile Crettex* et famille, pour l'accueil toujours si cordial et l'aménagement du laboratoire ;

M. *Zari*, batelier, pour l'usage de ses bateaux ;

M. *Bruchez*, architecte à Martigny, pour le tracé du graphique général des oscillations ;

M. *Peneveyre*, préparateur à l'Institut d'Hygiène, pour le soin apporté à la préparation des milieux de cultures, à la stérilisation des plaques de Petri, des tubes à essai et autres instruments nécessaires à mon travail.

LE LAC DE CHAMPEX

Mes recherches sur les eaux du lac de Champex et des cours d'eaux voisins, commencées le 9 mai 1927, se poursuivirent régulièrement durant 4 saisons ; les derniers prélèvements d'eaux se firent le 8 janvier 1928.

Le lac de Champex est situé dans le Bas-Valais, sur les derniers contreforts de la partie suisse du massif du Mont-Blanc, à l'altitude de 1465 mètres.

D'après *Linder* (14.), il présente une longueur maximale de 500 mètres, une largeur maximale de 200 mètres, un pourtour de 1 km. 500 et des profondeurs variant de 2 à 6 mètres. Dans la partie supérieure du lac, peu profonde et plutôt marécageuse, se trouvent 4 îles. La partie inférieure, plus profonde, est fermée par

un barrage morainique d'où l'eau s'écoule vers Orsières, à travers une brèche. Dans le lac, il y a quelques Carex et des touffes de *Ranunculus trichophyllus*.

La station de Champex, avec ses hôtels et ses chalets, entoure le lac sauf sur le versant sud où se trouvent la forêt, l'établissement des bains et quelques chalets isolés. La population ordinaire ne dépasse guère 50 habitants, mais en été, Champex compte environ 2000 personnes.

Le lac est alimenté par les eaux du bisse qui descend du vallon d'Arpette et qui se divise en deux branches. Sa surface est régulièrement agitée à partir de 12 heures, sous l'influence d'une brise plus ou moins forte, soufflant depuis le col (direction O-N—S-E). Les petites vagues ainsi formées viennent battre les bords ; l'eau, contaminée déjà par les bactéries qui y vivent et y pullulent ainsi que par les souillures des affluents, se charge encore des germes du sol environnant lavé par les vagues continues. Du reste, à maintes reprises, quand le temps devenait menaçant, j'ai remarqué sur divers points du bord du lac, une zone brunâtre, terreuse.

Les égouts de Champex ne sont pas dirigés dans le lac* mais se déversent, au dessous du lac, dans le fleuve d'écoulement qui descend sur Orsières : ceux de quelques chalets isolés vont dans des puits perdus. Le lac, par contre, reçoit en partie les eaux de lavages de deux cuisines à lessive et deux petits ruisseaux provenant d'écuries et lui apportant des résidus excrémentitiels.

Quant à la géologie de l'endroit, le Val d'Arpette est exclusivement granitique. Champex et le vallon conduisant au col se trouvent sur un terrain formé de moraines et d'alluvions. A quelques rares endroits se manifestent des affleurements calcaires, comme l'a constaté M. le Prof. Galli-Valerio, qui y a rencontré des touffes d'anémones blanches mêlées aux touffes d'anémones jaunes.

TECHNIQUE DES PRISES

Je suis monté quatorze fois à Champex durant 4 saisons et dans des conditions atmosphériques diverses, pour me rendre mieux compte des modifications que les eaux pouvaient subir.

*) Ce travail était déjà sous impression lorsque j'ai appris que l'égout de l'Usine électrique (n° 13) se jette dans le bisse, à fleur du lac : ce fait expliquerait certaines brusques oscillations aux prises nos 1 et 2.

Pour chaque prise, j'ai noté les températures, les conditions météorologiques et les observations générales s'il y avait lieu.

Toutes mes recherches se divisent en analyses chimiques faites sur place et en analyses bactériologiques.

Les analyses chimiques portèrent sur la recherche de l'ammoniaque et des nitrites. Comme l'eau du lac n'est pas calcaire, j'ai employé le réactif de Nessler pour reconnaître l'ammoniaque et le réactif de Griess pour les nitrites.

Les recherches bactériologiques se divisent en 3 groupes :

1. Numération des colonies par ensemencement sur les plaques de Petri à l'agar ordinaire.

2. Recherche du colibacille par ensemencement sur les plaques de Petri à l'agar au rouge-congo.

3. Recherche du colibacille et des bactéries des fermentations ammoniacales par ensemencement sur des tubes inclinés à l'agar au rouge-neutre.

Pour la numération, j'ai utilisé des plaques de Petri d'un diamètre de 11 cm. environ, stérilisées et enveloppées dans du papier. Ces plaques étaient introduites dans un cylindre en fer blanc qui permettait de les transporter dans une position horizontale. J'ai toujours travaillé avec l'agar, qui a l'avantage de pouvoir être transporté sans danger de liquéfaction sous l'influence de la température extérieure ; il est plus adhérent et ne se détache pas du fond de la plaque comme cela arrive fréquemment avec la gélatine. Il permet, en outre, une numération exacte, car il résiste à l'action des bactéries liquéfiantes.

Tous mes prélèvements d'échantillons d'eaux furent faits sur place, afin d'obtenir les résultats les plus exacts possibles, comparables entre eux et parce que le transport de l'eau dans la glace était trop compliqué.

Dans le laboratoire de Champex, les tubes stériles d'agar étaient fondus au bain-marie et introduits dans une boîte double, isolée, du type des auto-cuiseurs où ils demeuraient liquides durant 2 à 3 heures.

Pour pratiquer l'ensemencement, je me suis servi d'une cuiller en acier qui contenait exactement 0,1 cm³ d'eau. Après l'avoir stérilisée en la flambant au « Méta » et passé la plaque de Petri elle-même sur la flamme, je soulevais le couvercle et j'introduisais

dans la plaque la quantité d'eau prise directement dans le lac ou le fleuve et nécessaire à l'ensemencement : je flambais soigneusement le tampon de ouate et l'ouverture d'un tube d'agar et je le coulais liquide dans la plaque. Par un mouvement doux de rotation, je mêlais bien l'eau au milieu de culture. Lorsque l'agar s'était solidifié, la plaque était enveloppée de papier, remise dans le cylindre et transportée ainsi au laboratoire de Lausanne.

L'incubation s'est toujours faite à la température de la chambre, soit environ 20°. Les colonies étaient comptées tous les jours jusqu'au 10^{me} jour et alors j'en faisais l'examen, à frais et par coloration. Un certain nombre de colonies, repiquées sur les tubes d'agar, furent étudiées ensuite sur les divers milieux de cultures.

L'analyse quantitative était complétée par la recherche quantitative et qualitative du *Bacterium coli*, le témoin le plus certain de la souillure des eaux.

Parmi les milieux propres à la recherche du colibacille dans l'eau, je me suis arrêté à l'agar au rouge-congo dans les plaques de Petri et à l'agar au rouge-neutre dans les tubes inclinés parce que ces milieux, faciles à transporter et à ensemercer, donnent d'excellents résultats pour le diagnostic rapide du colibacille.

D'après les recherches de *Galli-Valerio* les colonies noires sur les plaques au rouge-congo sont provoquées par le *Bacterium coli*, le *Bacillus megatherium* et les Coccacées : la distinction entre ces groupes se fait facilement par un examen microscopique. Quant aux tubes au rouge-neutre, la coloration jaune canari est produite par le *Bacterium coli*, le *Bacterium typhi* et paratyphi, le *Bacillus mesentericus*, le *Bacterium acidi lactici*, le *Bacterium lacticis aerogenes* et par toutes les bactéries des fermentations ammoniacales. (*Galli-Valerio* et *Bornand*.)

L'ensemencement des plaques à l'agar au rouge-congo se fit suivant la technique décrite pour les plaques à l'agar ordinaire mais avec un volume double d'eau, soit 0,2 cm³. Quant aux tubes au rouge-neutre, ils furent tous ensemencés avec 0,5 cm³. Cependant, dans beaucoup de cas, pour mesurer le degré de souillure, j'ai pratiqué pour le même point de prélèvement des séries d'ensemencements sur les tubes à partir de 0,2 cm³ jusqu'à 1,5 cm³ d'eau. Les plaques et les tubes furent mis à l'étuve à 37° et examinés après 24, 48 et 72 heures.

Les prises de profondeur se firent avec l'appareil de *Sclavov-Czaplewski* à des profondeurs variant de 1 à 3 mètres. Comme

pour les autres prises, lesensemencements se firent sur place et sur les trois milieux indiqués précédemment.

J'ai pratiqué ainsi 124 ensemencements d'eaux sur les plaques de Petri à l'agar ordinaire, 124 sur les plaques à l'agar rouge-congo et 208 sur les tubes à l'agar incliné au rouge-neutre.

RÉSULTAT

DES RECHERCHES PERSONNELLES

Dans le schéma ci-joint, du lac de Champex, de ses affluents et effluents, j'ai indiqué les divers points de prises d'eaux avec des numéros qui correspondent à ceux employés, soit dans le graphique général, soit dans les divers tableaux.

Dans les tableaux, je me suis servi des signes suivants :

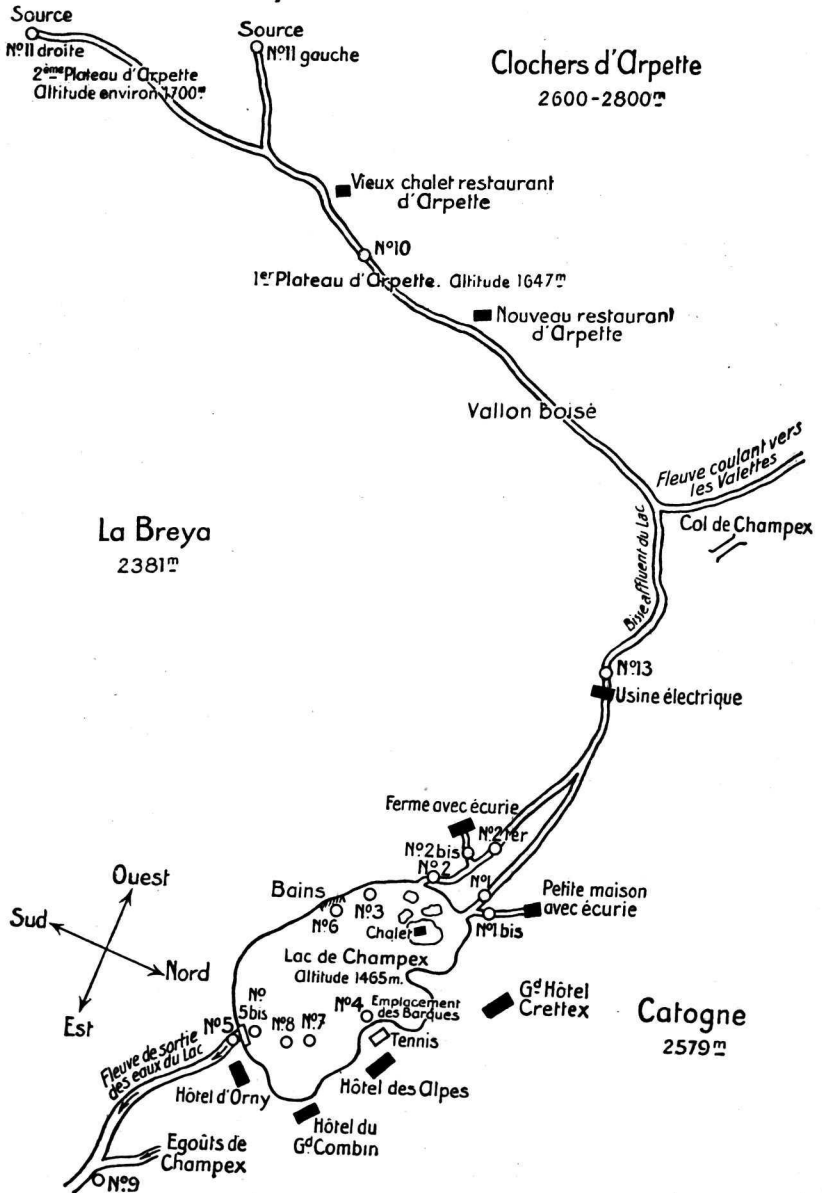
Plaques à l'agar au rouge-congo :

—	=	négatif.							
+	=	présence de	5	à	10	colonies	Bacterium coli	par	cm ²
++	=	»	»	10	à	50	»	»	»
+++	=	»	»	plus de	50	»	»	»	»

Tubes au rouge-neutre :

—	=	négatif.
+	=	réaction positive sur tube ensemencé avec 1 cm ³ eau ou plus de 1 cm ³ .
++	=	réaction positive sur tube ensemencé avec un volume d'eau de 0,5 cm ³ à 1 cm ³ .
+++	=	réaction positive sur tube ensemencé avec un volume d'eau inférieur à 0,5 cm ³ .

Champex et Environs



Ruisseau sud, eaux provenant du Val d'Arpette

TABLEAU I

Dates	Conditions météorologiques. Températures de l'eau	Total des colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm ³	par cm ³						
9. 5. 27	Couvert, qq. gouttes de pluie. Temp. eau 5°. Forte bise	17	170	11	2	4	—	—	
23. 5. 27	Couvert, qq. gouttes de pluie. Temp. eau 4°. Bise	4	40	1	1	2	—	—	
6. 6. 27	Couvert. Bise. Temp. eau 5°	9	90	—	1	8	—	—	
19. 6. 27	Beau temps. Temp. eau 6°	19	190	5	—	14	—	—	Présence de 200 soldats cantonnés à Champex 10 jours.
1. 7. 27	Viol. fœhn la veille. Abondante pluie le matin. Dès midi, très beau temps Température eau 4°	101	1010	2	—	99	—	—	
18. 7. 27	Beau temps. Très chaud. Temp. eau 5°	58	580	12	—	46	—	—	Nombreux étrangers. 1 colonie Actinomyces sur Agar.
30. 7. 27	Forte pluie la veille. Couvert Température eau 6°	98	980	—	—	98	—	—	2000 personnes dans station de Champex.
14. 8. 27	Forts orages les jours précédents, beau temps. Bise. Temp. eau 7,5°	96	960	—	—	96	—	—	Présence de nombreux étrangers.
3. 9. 27	Beau temps jusqu'à 10 h. ensuite bise et menace orage. Temp. eau 6,5°	239	2390	2	—	237	—	—	
18. 9. 27	Couvert. Bise Temp. eau 5°	26	260	3	—	23	—	—	
7. 10. 27	Très beau temps. Temp. eau 5°	26	260	2	—	24	+	—	Présence de bétail dans les prés où coule le ruisseau.
6. 11. 27	Très beau temps. Temp. eau 3°	126	1260	3	—	123	—	—	
4. 12. 27	Très beau temps. Forte bise et grand froid. Temp. eau 1°	450	4500	—	—	450	—	—	La forte couche de neige tombée le 13 XI. 27 a disparu.
8. 1. 28	Très beau temps. Les jours précédents pluie et neige. Temp. eau 1°	292	2920	—	—	292	+	—	
Total des 14 prises		1561		41	4	1516			

Prises faites au ruisseau nord. Eaux descendant du Val d'Arpette.

Pour les conditions météorologiques générales et certaines observations générales, se reporter au tableau n° 1.

TABLEAU II

Dates	Conditions météorologiques et températures de l'eau	Total des colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm3	par cm3						
9. 5. 27	Température eau 6°	10	100	7	1	2	—	—	
23. 5. 27	Température eau 4°	Appr. 310	3100	—	—	310	+	—	Maçons qui réparent un chalet puisent l'eau avec des seaux sales.
6. 6. 27	Température eau 6°	Appr. 200	2000	—	—	200	—	—	Présence des ouvriers comme le 23 5.
19. 6. 27	Température eau 7°	3	30	—	1	2	—	—	
1. 7. 27	Forte pluie orageuse. Temp. eau 5°	761	7610	—	—	761	++	++	
18. 7. 27	Température eau 6°	34	340	1	—	33	—	—	
30. 7. 27	Température eau 6°	83	830	—	—	83	+	—	
14. 8. 27	Température eau 8°	161	1610	4	—	157	—	+	
3. 9. 27	Température eau 7°	Ap.500	5000	—	—	500	—	—	
18. 9. 27	Température eau 6°	532	5320	—	—	532	—	++	1 colonie B. violaceum.
7.10. 27	Température eau 4°	Ap.750	7500	—	—	750	+	++	
6 11. 27	Température eau 3,5°	141	1410	1	7	133	—	—	Présence de streptocoques.
4.12. 27	Température eau 1°	Appr. 650	6500	—	—	650	—	—	Présence de 7 colonies actinomycètes.
8. 1. 28	Température eau 1,5°	250	2500	—	—	250	+	++	
	Total des 14 prises	4385		13	9	4363			

**Prises de surface au bord du lac, depuis bosquet d'arbres situé à environ
7 mètres des bains (côté gauche).**

TABLEAU III

Dates	Conditions météorologiques et températures de l'eau	Total des colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm ³	par cm ³						
9. 5. 27	Lac agité. Température eau 5°	16	160	5	6	5	+	—	
23. 5. 27	Lac agité. Température eau 9°	12	120	2	—	10	—	—	
6. 6. 27	Lac agité. Température eau 10°	10	100	2	1	7	—	—	
19. 6. 27	Température eau 13°	37	370	8	—	29	—	—	
1. 7. 27	Forte pluie, lac très agité. Température eau 10°	190	1900	1	—	189	—	—	
18. 7. 27	Température eau 14°	147	1470	7	—	140	—	—	
30. 7. 27	Température eau 14,5°	66	660	4	—	62	—	—	
14. 8. 27	Température eau 14°	70	700	7	1	62	—	—	
3. 9. 27	Température eau 9°	45	450	9	—	36	—	++	
18. 9. 27	Température eau 10°	513	5130	—	—	513	—	++	
7 10. 27	Température eau 7,5°	72	720	7	—	65	—	++	
6.11. 27	Température eau 4°	119	1190	—	—	119	—	—	
4.12. 27	Température eau 1°	Appr. 400	4000	5	—	395	—	—	Il a fallu casser la glace pour faire la prise.
	Total des 13 prises	1697		57	8	1632			

Prises en surface depuis bosquet d'arbres en face du tennis de l'Hôtel des Alpes.

Il y a lieu de remarquer qu'à cet endroit se trouvent souvent des boîtes de conserves et autres débris provenant du pique-nique des promeneurs.

TABLEAU IV

Dates	Observations météorologiques. Températures de l'eau	Nombre de colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm ³	par cm ³						
9. 5. 27	Température eau 11°	84	840	—	—	84	—	—	
23. 5. 27	Température eau 11°	36	360	6	4	26	—	—	
6. 6. 27	Température eau 11°	18	180	3	—	15	—	—	
19. 6. 27	Température eau 13°	31	310	1	—	30	—	—	
1. 7. 27	Forte pluie. Température eau 12°	Ap.500	5000	9	5	486	+	++	
18. 7. 27	Température eau 13,5°	33	330	1	—	32	—	—	
14. 8. 27	Température eau 14°	480	4800	7	—	473	—	—	1 colonie Actinomyces sur plaque d'agar.
3. 9. 27	Lac agité. Température eau 10°	387	3870	30	—	357	—	++	
18. 9. 27	Grosse pluie, lac agité. Temp. eau 12°	536	5360	—	—	536	+	++	Présence de Streptocoques sur agar.
7.10. 27	Température eau 7°	Num. impos. car envahiss de la plaque.					—	+	
6.11. 27	Température eau 6,5°	12	120	2	—	10	—	—	
4.12. 27	Température eau 3°	Ap.300	3000	12	—	288	—	—	
	Total des 11 prises			71	9	2337			

Ruisseau de sortie des eaux du lac à 3-4 mètres au-dessous de la grille

TABLEAU V

Dates	Observations météorologiques et températures de l'eau	Nombre de colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm.	par cm ³						
9. 5. 27	Température eau 11°	63	630	1	—	62	—	—	
23. 5. 27	Température eau 9°	90	900	1	—	89	—	—	
6. 6. 27	Température eau 10°	4	40	3	—	1	—	+	
19. 6. 27	Température eau 13°	210	2100	9	1	200	—	—	
1. 7. 27	Température eau 13°	530	5300	1	—	529	+	++	
18. 7. 27	Température eau 14,5°	18	180	2	3	13	—	+	
30. 7. 27	Température eau 16°	93	930	—	—	93	—	++	
14. 8. 27	Température eau 14,5°	28	280	2	—	26	—	—	
3. 9. 27	Température eau 14°	454	4540	3	—	451	—	++	
18. 9. 27	Température eau 12°	541	5410	8	—	533	—	++	
7. 10. 27	Température eau 6,5°	520	5200	1	—	519	—	+	
6. 11. 27	Température eau 5°	610	6100	8	—	602	—	+	
4. 12. 27	Température eau 3°	130	1300	—	—	130	—	—	
8. 1. 28	Température eau 1,5°	18	180	—	—	18	+	++	
	Total des 14 prises	3309		39	4	3266			

Prises de surface depuis le plongeur des Bains - Côté gauche

TABLEAU VI

Dates	Conditions météorologiques et températures de l'eau	Nombre de colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm.	par cm ³						
23. 5. 27	Température eau 11°	34	340	3	—	31	—	—	
6. 6. 27	Température eau 10°	13	130	6	—	7	—	—	
19. 6. 27	Température eau 13°	240	2400	2	—	238	—	—	
1. 7. 27	Forte pluie. Température eau 10°	127	1270	—	—	127	+	—	
18. 7. 27	Température eau 14°	35	350	16	—	19	—	—	
30. 7. 27	Température eau 15°	3	30	—	1	2	+	++	Présence de baigneurs
14. 8. 27	Température eau 15°	56	560	1	—	55	—	++	Présence de baigneurs
3. 9. 27	Température eau 14°	9	90	—	5	4	—	++	
18. 9. 27	Température eau 13°	12	120	5	—	7	+	+	
7.10. 27	Température eau 9°	14	140	2	—	12	—	—	
6.11. 27	Température eau 5°	214	2140	15	—	199	—	—	
4.12. 27	Température eau —1°	132	1320	5	—	127	—	—	
	Total des 12 prises	889		55	6	828			

Prises en surface depuis une barque au centre du lac

TABLEAU VII

Dates	Observations météorologiques et températures de l'eau	Nombre de colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm3	par cm3						
6. 6. 27	Température eau 10°	5	50	1	—	4	—	—	
19. 6. 27	Température eau 13°	Numérotation imp. Ensemencement fait sur barque qui oscillait et plaque couv. par de longs filaments d'Hyphomycètes					—	—	
1. 7. 27	Température eau 13°	29	290	1	3	25	—	—	
13. 7. 27	Température eau 14°	5	50	5	—	—	—	—	
30. 7. 27	Température eau 14°	27	270	2	—	25	—	—	Nombreuses barques. 1 colonie Actinomyces.
14. 8. 27	Température eau 14,5°	260	2600	6	—	254	—	—	Très nombreuses barques
3. 9. 27	Température eau 14°	58	580	—	—	58	—	—	
18. 9. 27	Température eau 13°	34	340	—	—	34	+	—	
7 10 27	Température eau 6°	60	600	—	—	60	—	—	
8. 1. 28	Température eau 1°	49	490	1	8	40	—	—	
	Total des 9 prises	527		16	11	500			

Prises de profondeur faites suivant état du lac, à des points différents et à des profondeurs variant de 1 à 3 mètres.

Les températures de l'eau sont les températures de la surface.

TABLEAU VIII

Dates	Observations météorologiques et températures de l'eau	Nombre de colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm ³	par cm ³						
9. 5. 27	Température eau 11°	5	50	2	—	3	—	—	Prise faite depuis le plongeur des bains. Profondeur 1 m.
23. 5. 27	Température eau 9°	19	190	1	—	18	—	—	Centre du lac, face à Hôtel d'Orny. Profondeur 3 mètres.
6. 6. 27	Température eau 10°	11	110	5	—	6	—	—	Jusqu'au 7. 10. 27 exclusivement, toutes les prises furent faites centre lac. Prof. 3 m.
19. 6. 27	Température eau 13°	Numérotation impos. Cause: vide tableau no 7, 19. 6. 27.					—	—	
1. 7. 27	Matin: gd. pluie. Dp. 13 h. t. beau temps. Prise à 15 h. Temp. eau 13°	704	7040	—	—	704	+	++	
18. 7. 27	Température eau 14°	7	70	7	—	—	—	—	
30. 7. 27	Température eau 14°	2	20	1	—	19	—	—	
14. 8. 27	Température eau 14,5°	47	470	—	1	46	—	—	
3. 9. 27	Pluie. Lac agité. Temp. eau 14°	153	1530	1	—	152	—	—	
18. 9. 27	Température eau 13°	8	80	1	—	7	—	+	
7. 10. 27	Température eau 6°	491	4910	2	—	489	—	—	A 3 m. profondeur entre île et emplacement des barques. Appareil a touché la vase.
6. 11. 27	Température eau 5°	25	250	8	1	16	—	—	Plongeur Bains. Prof. 1 m.
4. 12. 27	Température eau —1°	Ap 300	3000	—	—	300	—	—	Plongeur Bains. Prof. 1 m. Il a fallu casser la glace: vase fut soulevée.
8. 1. 28	Température eau 1,5°	4	40	—	—	4	—	—	Centre lac. 3 m. profondeur.
Total des 14 prises		1776		28	2	1764			

Prises faites 10 mètres au-dessous de l'endroit où les égouts de Champex rejoignent les eaux de sortie du lac.

Les réactions chimiques avec le Nessler ou le Griess furent toutes négatives.

TABLEAU IX

Dates	Observations météorologiques et températures de l'eau	Nombre de colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm ³	par cm ³						
6. 6. 27	Température eau 11"	86	860	1	—	85	+	+	
19. 6. 27	Température eau 14"	310	3100	1	—	309	—	+	
1. 7. 27	Prise faite à 14 h. 30, après grande pluie. Température eau 13"	908	9080	—	—	908	+++	+++	
18. 7. 27	Température eau 14"	678	6780	—	—	678	+	+++	
30. 7. 27	Température eau 15"	Appr. 2496	24960	—	—	2496	+	+++	
14. 8. 27	Température eau 14,5"	Appr. 1300	13000	1	—	1299	+++	+++	
3. 9. 27	Température eau 14"	Appr. 1500	15000	—	—	1500	++	++	
18. 9. 27	Température eau 12"	Appr. 900	9000	5	—	895	++	++	
7.10. 27	Température eau 7"	881	8810	—	—	881	+++	++	
6. 11. 27	Température eau 6,5"	32	320	1	—	31	+	+	1 colonie Actinomyces.
4.12. 27	Température eau 3"	100	1000	—	—	100	+	+	
8. 1. 28	Température eau 1,5"	487	4870	1	—	486	++	+	
	Total des 14 prises	9678		10	—	9668			

Prises de comparaison

Petit ruisseau où coule les résidus d'une maison avec écurie. Ce ruisseau rejoint le torrent No 1 avant son entrée dans le lac.

TABLEAU I bis

Dates	Observations météorologiques et températures de l'eau	Nombre de colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm3	par cm3						
18. 9. 27	Vide tableau No. 1, 18. 9. 27	Appr. 800	8000	—	—	800	++	++	
TABLEAU II bis									
Ruisseau où coule des résidus d'une ferme avec bétail, écurie, poulailler, 2 mètres avant que cette eau rejoigne le torrent No 2									
18. 9. 27		408	4080	4	—	404	++	++	
TABLEAU II ter									
Ruisseau sud (no 2) avant qu'il ait reçu l'écoulement du ruisseau 2 bis									
7.10. 27	Température eau 4°	69	690	—	—	69	—	—	
TABLEAU V bis									
Sortie du lac, avant la grille									
18. 9. 27	Température eau 12°	13	130	—	—	13	—	+	
7.10. 27	Température eau 6,5°	5	50	2	—	3	—	—	
6.11. 27	Température eau 5°	245	2450	1	—	244	—	—	

Prises de comparaison (suite)

Au plateau d'Arpette 100 mètres au-dessous du vieux chalet-restaurant où se trouve du bétail.

TABLEAU X.

Dates	Observations météorologiques et températures de l'eau	Nombre de colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries	Bact. Coli plaque rouge congo	Réduction tube rouge neutre	OBSERVATIONS
		par 0,1 cm ³	par cm ³						
14. 8. 27	Température eau 5"	150	1500	—	—	150	—	+	
<p style="text-align: center;">TABLEAU XI (droite)</p> <p style="text-align: center;">Sommet d'Arpette, source du fleuve, côté droit</p>									
14. 8. 27	Température eau 2"	13	130	—	—	13	—	—	
<p style="text-align: center;">TABLEAU XI (gauche)</p> <p style="text-align: center;">Sommet vallon d'Arpette, source du fleuve, côté gauche</p>									
7.10. 27	Température eau 2"	4	40	—	—	4	—	—	
<p style="text-align: center;">TABLEAU XIII</p> <p style="text-align: center;">Au-dessus du réservoir de l'Usine électrique. Le torrent venant d'Arpette coule sous les arbres de la forêt.</p>									
7.10. 27	Température eau 4"	567	5670	563	—	4	—	—	

Tableau récapitulatif du nombre de germes aux diverses prises

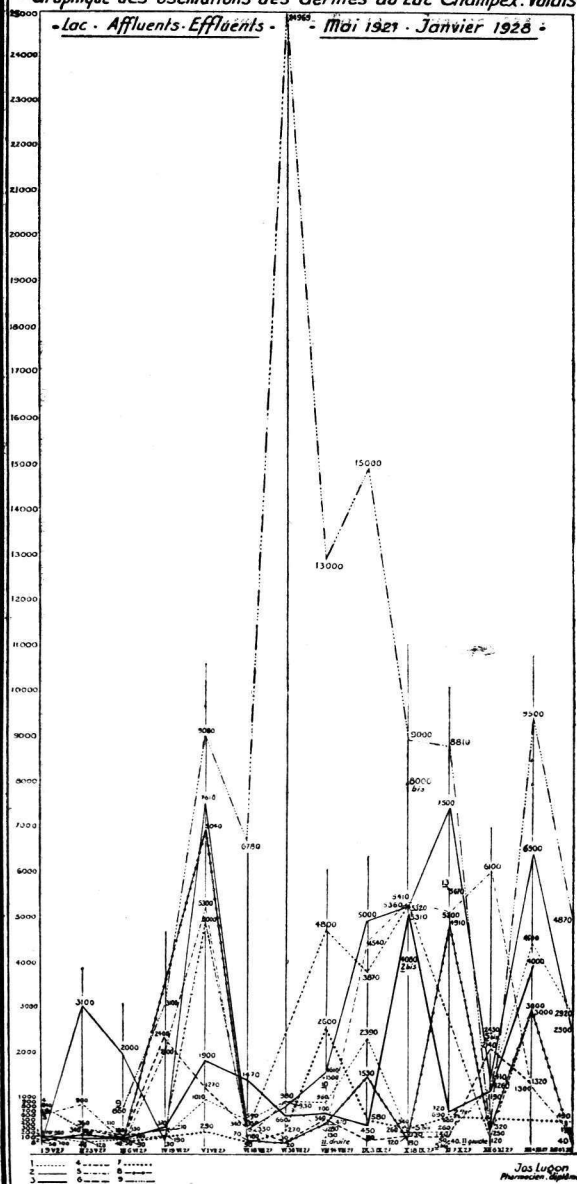
(Total des germes dans 0,1 cc. eau). Le chiffre entre parenthèses indique le total des germes de 1 cc. eau.

Dates	N° 1	N° 1 bis	N° 2	N° 2 bis	N° 2 ter	N° 3	N° 4	N° 5	N° 5 bis	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9	N° 10	N° 11 droite	N° 11 gauche	N° 13
9. 5. 27	17 (170)		10 (100)			16 (160)	84 (840)	63 (630)				5 (50)					
23. 5. 27	4 (40)		310 (3100)			12 (120)	36 (360)	90 (900)		34 (340)		19 (190)					
6. 6. 27	9 (90)		200 (2000)			10 (100)	18 (180)	4 (40)		13 (130)	5 (50)	11 (110)	86 (860)				
19. 6. 27	19 (190)		3 (30)			37 (370)	31 (310)	210 (2100)		240 (2400)			310 (3100)				
1. 7. 27	101 (1010)		761 (7610)			190 (1900)	500 (5000)	530 (5300)		127 (1270)	29 (290)	704 (7040)	908 (9080)				
18. 7. 27	58 (580)		34 (340)			147 (1470)	33 (330)	18 (180)		35 (350)	5 (50)	7 (70)	678 (6780)				
30. 7. 27	98 (980)		83 (830)			66 (660)		93 (930)		3 (30)	27 (270)	2 (20)	2496 (24960)				
14 8 27	96 (960)		161 (1610)			70 (700)	480 (4800)	28 (280)		56 (560)	260 (2600)	47 (470)	1300 (13000)	150 (1500)	13 (130)		
3. 9 27	239 (2390)		500 (5000)			45 (450)	387 (3870)	454 (4540)		9 (90)	58 (580)	153 (1530)	1500 (15000)				
18. 9. 27	26 (260)	800 (8000)	532 (5320)	408 (4080)		513 (5130)	536 (5360)	541 (5410)	13 (130)	12 (120)	34 (340)	8 (80)	900 (9000)				
7.10. 27	26 (260)		750 (7500)		69 (690)	72 (720)		520 (5200)	5 (50)	14 (140)	60 (600)	491 (4910)	881 (8810)			4 (40)	567 (5670)
6.11. 27	126 (1260)		141 (1410)			119 (1190)	12 (120)	610 (6100)	245 (2450)	214 (2140)		25 (250)	32 (320)				
4.12. 27	450 (4500)		650 (6500)			400 (4000)	300 (3000)	130 (1300)		132 (1320)		300 (3000)	950 (9500)				
8. 1. 28	292 (2920)		250 (2500)					18 (180)			49 (490)	4 (40)	487 (4870)				

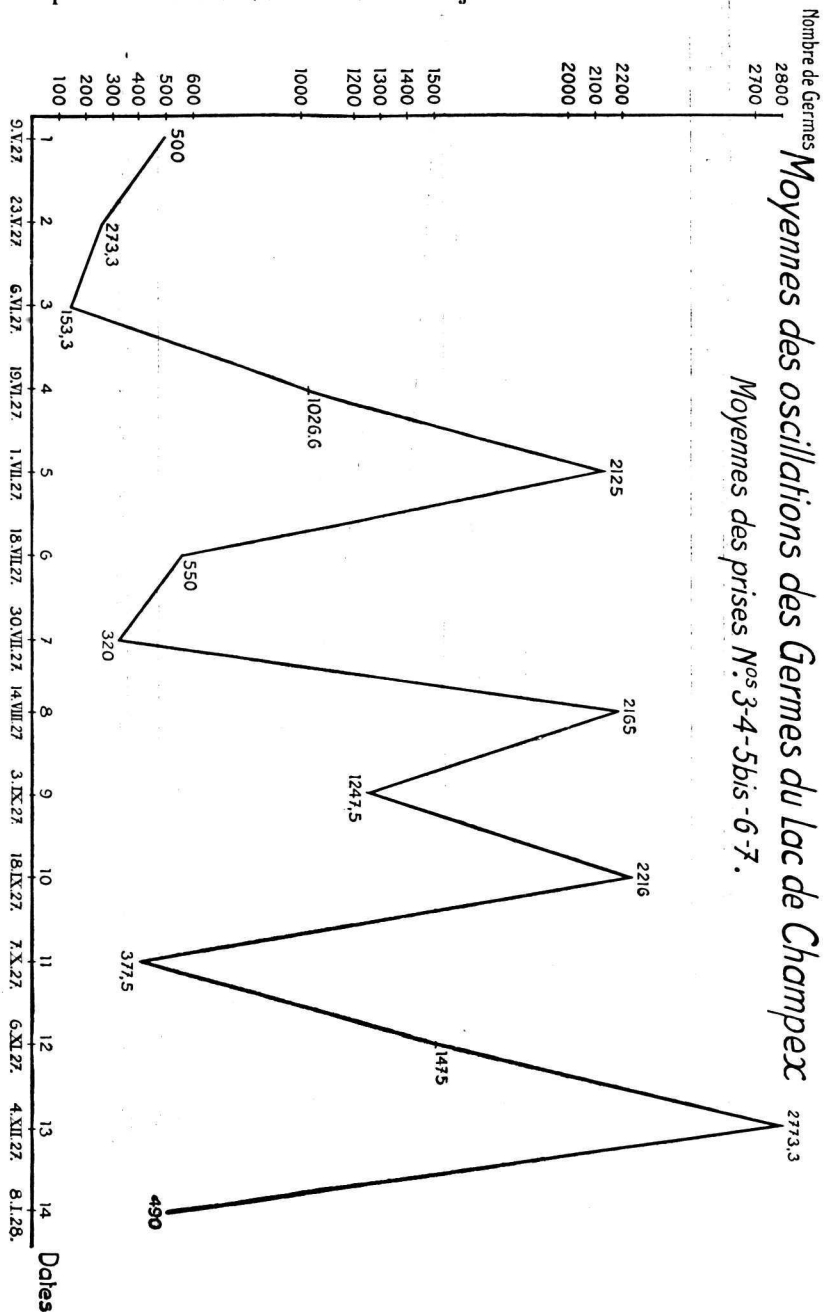
Tableau comparatif et moyennes aux divers points de prises

Nos des prises	Nombre d'observations	Moyenne des colonies		Hyphomycètes	Blastomycètes	Bactéries
		par 0,1 cm3	par cm3			
No 1	14	111,5	1115	2,62	0,25	97,13
No 1 bis	1	800	8000	—	—	100
No 2	14	313,2	3132	0,296	0,205	99,49
No 2 bis	1	408	4080	0,98	—	99,02
No 2 ter	1	69	690	—	—	100
No 3	13	130,5	1305	3,35	0,48	96,16
No 4	11	219,7	2197	2,93	0,37	96,70
No 5	14	236 3	2363	1,17	0,12	98,71
No 5 bis	3	87,6	876	1,14	—	98,86
No 6	12	74,08	740,8	6,19	0,67	93,14
No 7	9	58,5	585	3,03	2,08	94,89
No 8	13	136,6	1366	1,57	0,11	98,32
No 9	12	806,5	8065	0,10	—	99,90
No 10	1	150	1500	—	—	100
No 11 droite	1	13	130	—	—	100
No 11 gauche	1	4	40	—	—	100
No 13	1	567	5670	99. 30	—	0,70

- Graphique des oscillations des Gernes au Lac Champex, Valais -
- Lac - Affluents - Effluents - Mai 1921 - Janvier 1928 -



Outre les tableaux et le graphique général des oscillations, il m'a paru intéressant d'ajouter un 2^me graphique représentant les oscillations des germes du lac lui-même en utilisant les moyennes des prises de surface faites le même jour.



ESPECES ISOLEES

J'ai isolé des plaques de Petri un certain nombre de colonies que j'ai étudié sur les divers milieux de culture et dont voici la liste.

Le n° indique l'endroit de la prise d'eau.

La + indique certaines Bactéries qui ne répondaient pas à tous les caractères réclamés pour le germe en question, mais s'en rapprochaient.

<i>Streptococcus pyogenes</i> Rosenbach	n° 2
<i>Sarcina alba</i> Maschek	11
<i>Sarcina lutea</i> Flügge	2
<i>Sarcina carnea</i> Gruber	7
<i>Sarcina livida</i> Gruber	5
<i>Sarcina luteola</i> Gruber	5
<i>Micrococcus candicans</i> Flügge	5
<i>Micrococcus aquatilis</i> Bolton	7
<i>Micrococcus flavus</i> desidens	1
<i>Bacterium subflavus</i> Zimmermann	
<i>Bacterium aurantiacus</i> Frankland	3
<i>Bacterium rubefaciens</i> Zimmermann	3-2
<i>Bacterium violaceus</i> lutetiensis	2
<i>Bacterium fluorescens</i> Lehmann et Neumann	1-2-5-5 bis-6-9
<i>Bacterium putidum</i> Lehmann et Neumann	2
<i>Bacterium aureo-flavus</i> Flügge	3
<i>Bacterium proteus</i> zopfi	3
<i>Bacterium vulgare</i> Lehmann et Neumann	2-5-6
<i>Bacterium proteus sulfureus</i> Maschek	2 bis
+ <i>Bacterium arborescens</i> Frankland	5
+ <i>Bacterium aquatilis solidus</i>	6
+ <i>Bacterium aquatilis</i> Frankland	4
+ <i>Bacterium loxosus</i> Burchardt	8
+ <i>Bacterium tenuis</i>	2
+ <i>Bacterium plumbeus</i>	2
+ <i>Bacterium albus putidus</i> Maschek	3
+ <i>Bacterium chryseus</i>	8
+ <i>Bacterium stolonatus</i>	3-5
+ <i>Bacterium sericeus</i>	11-3
+ <i>Bacterium superficialis</i> Migula	5
+ <i>Bacterium incanus</i> Pohl	6

+ *Bacillus cuticularis albus* Tartaroff n° 7

Bacillus subtilis Cohn

Bacillus megatherium du Barry

Bacillus mesentericus vulgatus Flügge

Bacillus mesentericus Lehmann et Neumann

(Ces quatre derniers se trouvèrent plusieurs fois sur des plaques d'agar ordinaire et sur des plaques d'agar au rouge-congo.)

Actinomyces chromogenes 7-1

Quant au *Bacterium coli*, il a été isolé dans les prises n° 1 (2 fois) — n° 2 (4 fois) — n° 3 (1 fois) — n° 4 (2 fois) — n° 5 (2 fois) — n° 6 (3 fois) — n° 7 (1 fois) — n° 8 (1 fois) — n° 9 (11 fois) — n° 1 bis (1 fois) — n° 2 bis (1 fois).

J'ai complété ces recherches en y ajoutant des examens de la vase du lac au point de vue de la présence du *Bacillus tetani*. Ces recherches furent faites par mon collègue Lang qui travaillait à une thèse sur le tétanos.

(Le signe + indique la présence du *Bacillus tetani*.)

Vase du ruisseau	n° 1 bis	=	+
» » »	» 2	=	+
» » » de sortie du lac	» 5	=	+
» des bains	» 6	=	+
» prise en face de l'Hôtel du Grand Combin		=	+
» » dans la plus grand île		=	—
» » » le canal des égouts		=	+
» du ruisseau	» 9	=	—

Les Hyphomycètes, à part la prise n° 13 faite dans la forêt, furent peu nombreux ; j'ai rencontré surtout des *Penicillium* et des *Aspergillus*, rarement des *Mucor* et des *Chladosporum*. Quant aux *Blastomycètes*, ils furent très rares : ils se rattachaient au genre *Saccharomyces*.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

En étudiant les tableaux qui résument les résultats de mes recherches, nous remarquons que les eaux qui jaillissent au sommet du vallon d'Arpette sous forme de sources sont fort peu

polluées puisque l'une nous donne un chiffre de 50 germes au cm^3 et l'autre 130. Et sur ces germes analysés qualitativement, la grande majorité appartenait aux Coccacées, soit des Sarcines. Ces chiffres, comparés à ceux dont *Macé* (15.) se sert dans son tableau de classement de pureté d'une eau d'après le nombre des colonies sur la plaque de Petri, permettent de classer l'eau sortant sur le côté gauche parmi les eaux très pures, celles du côté droit parmi les eaux pures.

Cette même eau, prélevée le même jour, sur la plateau d'Arpette, accuse un chiffre de 1500 germes par cm^3 . Sur un parcours d'environ 1 km., elle passe donc de la catégorie eau pure à celle d'eau suspecte. Du reste, la réaction de réduction de l'agar au rouge-neutre est positive à partir de 1,5 cm^3 d'eau.

Cette forte pollution sur un si petit parcours s'explique ainsi : D'abord le fleuve n'est pas protégé, il coule à l'air et à travers des terrains un peu marécageux. Il se contamine en coulant près du vieux chalet-restaurant d'Arpette ; il y reçoit les eaux ménagères chargées des résidus fermentescibles des aliments ainsi que des apports de matières fécaloïdes provoqués par la présence constante, durant la bonne saison, de bétail et de volaille.

A ces germes s'ajoutent ceux apportés par les touristes qui, trop souvent, infectent les ruisseaux alpins en y jetant leurs boîtes vides et autres traces des pique-niques, milieux grandement favorables à la multiplication des bactéries et à la souillure des eaux.

Le fleuve descend ensuite le vallon boisé d'Arpette par une série de chûtes, cascades et tourbillons qui contribuent naturellement à l'épuration de l'eau.

Après s'être séparé du fleuve qui coule vers Les Valettes, le bisse affluent du lac de Champex, et qui seul nous intéresse, coule à travers les arbres de la forêt et recueille, sur ce parcours, des aiguilles tombées des sapins et d'autres débris végétaux.

Cette eau, prélevée avant son arrivée au réservoir de l'Usine électrique (Prise n° 13), accuse la présence de 5670 germes au cm^3 , mais avec un pour cent de 99,3 d'Hyphomycètes et seulement 0,70 de Bactéries.

Examinons maintenant les résultats des analyses ordinaires et comparatives faites au lac.

Prises n° 1

Moyenne 1115 colonies. — Maximum 4500 colonies le 4 décembre 1927. — Minimum 40 colonies le 23 mai 1927.

On constate une forte oscillation le 1^{er} juillet 1927, jour de grosse pluie. Une deuxième est remarquée le 3 septembre 1927, et depuis le mois de novembre, le nombre des germes présents demeure élevé.

Prise n° 1 bis

Parallèlement au torrent n° 1 coule un petit ruisseau : son eau sale, lente, à odeur fécaloïde provient d'une étable. Elle me paraissait contenir des résidus urinaires, propres à augmenter la pollution des eaux du lac. L'analyse le confirma : 8000 germes par cm^3 et des réactions nettement positives dans la recherche du *Bacterium coli* et des Bactéries des fermentations ammoniacales.

Prises n° 2

Moyenne 3132 colonies. — Maximum 7610 le 1^{er} juillet 1927. — Minimum 30 le 19 juin 1927.

Ce qui frappe à première vue, c'est l'énorme différence entre la moyenne du n° 1 et du n° 2. Pourtant, ces deux torrents ont la même origine et ne se divisent que 200 mètres avant les endroits où se faisaient les prélèvements. Cette constatation m'amena à rechercher si l'infection ne provenait pas d'un affluent, un ruisseau de déjection d'une maison de campagne avec une écurie (semblable au n° 1 bis) qui se jetait dans le torrent n° 2 quelques mètres avant le petit pont d'où je faisais mes prises d'eaux habituelles. C'est ainsi que je fis deux prises de comparaison, une n° 2 bis dans le ruisseau infecté lui-même, une autre n° 2 ter, dans le torrent avant qu'il ait reçu cet affluent.

La prise n° 2 ter, faite le 7 octobre 1927, me donna 690 colonies (ce jour-là, la prise n° 1 donnait 260 colonies) : le même jour, cette même eau, après avoir reçu l'écoulement n° 2 bis, accusait la présence de 7500 germes au cm^3 .

Quant à la prise n° 2 bis, faite le 18 septembre 1927, elle donnait 4080 colonies au cm^3 et des réactions nettement positives dans la recherche du *Bacterium coli*.

L'origine de l'infection du ruisseau n° 2 par l'écoulement 2 bis est ainsi certaine.

Le graphique des prélèvements n° 2 indique de très fortes variations. L'eau peu polluée au printemps, (exception faite des prises du 23 mai 1927 et du 6 juin 1927, où l'infection était due à la présence d'ouvriers maçons qui prenaient l'eau du torrent avec des bidons très sales, et de celle du 1^{er} juillet 1927, jour d'orage), s'avère très contaminée à partir du 3 septembre 1927. A cette époque, le bétail, qui a quitté les hauts alpages, se trouve à nouveau dans les étables de Champex : l'infection de l'eau se fait ainsi plus fortement sentir, surtout au point de vue quantitatif.

Prises n° 3

Moyenne 1305 colonies. — Maximum 5130 le 18 septembre 1927. — Minimum 100 le 6 juin 1927.

Comme dans les prises précédentes, une forte oscillation est constatée le 1^{er} juillet 1927 pour la même raison. C'est en automne que le graphique indique la plus forte et régulière pollution de l'eau. Quant au chiffre élevé de colonies du 4 décembre 1927, il est dû aux mouvements provoqués à l'eau en cassant la glace.

Prises n° 4

Moyenne 2197 colonies. — Maximum 5360 le 18 septembre 1927. — Minimum 120 le 6 novembre 1927.

Le graphique de ces prises indique que l'eau y subit des oscillations fortes et très irrégulières : il faut remarquer que j'ai constaté plusieurs fois à cet endroit le passage de promeneurs peu soucieux de l'hygiène.

Une forte oscillation est aussi remarquée le 1^{er} juillet. Après une brusque descente le 18 juillet 1927, le graphique indiquant la souillure demeure élevé et atteint son maximum le 18 septembre 1927. Cette prise se fit à 16 heures : il pleuvait abondamment et les vagues frappaient constamment le bord. Les réactions du Bact. coli furent positives et l'analyse de la plaque indiqua la présence de nombreux streptocoques, preuve de la souillure par le sol.

Prises n° 5

Moyenne 2363 colonies. — Maximum 6100 colonies le 6 novembre 1927. — Minimum 40 le 6 juin 1927.

A part la forte oscillation du 1^{er} juillet, pour les mêmes raisons que précédemment, le taux bactérien demeure au-dessous de 1000 colonies par cm³ jusqu'au commencement septembre. De là, il s'élève graduellement jusqu'au 6 novembre, où il atteint le maximum, puis retombe et n'accuse plus que 180 germes présents le 8 janvier 1928. La contamination estivale et automnale est proportionnelle à l'augmentation de l'infection sur les autres points du lac. Quant à la propreté temporaire de l'eau remarquée en décembre et principalement en janvier, elle s'explique par le fait que la bise n'a plus d'influence. A ce moment, le lac est complètement gelé et se trouve abrité contre les causes externes qui pourraient troubler les phénomènes de sédimentation.

Pour empêcher les poissons de quitter leur bassin d'élevage, une grille est installée à la sortie du lac. La bise, qui souffle régulièrement suivant la direction N-O—S-E, et le courant provoqué par l'affluent d'Arpette, entraînent les vagues dans la direction de la grille et ainsi les débris végétaux de tous genres portés par l'eau s'accumulent près de la sortie. Comme il est prouvé que les déchets organiques permettent aux germes de se développer et de se multiplier, il était intéressant de connaître si cette grille, utile dans un sens, n'avait pas une influence quelque peu nuisible sur la souillure de l'eau. Je fus ainsi amené à faire des prises de comparaison (n° 5 bis), et si l'on jette un coup d'œil sur le tableau récapitulatif aux dates des 18 septembre, 7 octobre et 6 novembre 1927, on sera frappé de l'énorme différence du nombre de germes à deux points de prises distants d'environ 3 mètres. La grille qui les sépare joue un rôle de nid bactérien et ainsi exerce une influence funeste sur la qualité de l'eau qui la traverse.

Prises n° 6

Moyenne 740 colonies. — Maximum 2400 le 19 juin 1927 et le 6 novembre 1927. — Minimum 30 colonies le 30 juillet 1927.

A l'époque où l'établissement des bains était fréquenté, j'ai obtenu les numérations les plus faibles. Ces chiffres paraissent surprenants et contradictoires. D'autre part, malgré le nombre peu élevé de germes en été, les réactions du colibacille et des bactéries des fermentations ammoniacales furent toujours positives. Alors que le 30 juillet, au point de vue quantitatif, l'eau pouvait se classer comme très pure avec 30 germes, je remarquais un très grand nombre de *Bact. coli* sur la plaque au rouge-congo et les

réactions étaient aussi fortement positives dans les tubes. D'une part, record de pureté, de l'autre, très forte souillure urinaire ou fécaloïde provoquée par la présence de l'homme.

Quelle peut être la raison de cette diminution du nombre des germes dans les plaques de Petri à l'agar ordinaire ?

Ces prises d'été se firent en général à 11 heures, depuis une barque, alors que le lac était calme et les baigneurs encore peu nombreux. *Massol* (16.) et d'autres expérimentateurs remarquèrent aussi cette forte diminution du nombre des germes durant les mois les plus chauds et les plus lumineux et l'attribuèrent aux phénomènes d'oxydation et d'autoépuration. La lumière active, en effet, les oxydations et exerce une action destructive d'une énergie extraordinaire sur les organismes des eaux.

Prises n° 7

Moyenne 585 germes (c'est la plus faible moyenne des prises). — Maximum 2600 le 14 août 1927. — Minimum 50 le 6 juin et le 18 juillet 1927.

Ces prises me fournissent le graphique le plus régulier : une seule oscillation marquante atteint 2600 colonies le 14 août 1927. A cette époque, Champex abrite 2000 personnes. Toutes les barques sont louées, sillonnent le lac et provoquent à l'eau des mouvements propres à ramener les germes à la surface ou tout au moins à les y retenir en empêchant la sédimentation de se produire. Il est intéressant de constater la faible quantité de germes le 1^{er} juillet alors que toutes les autres prises indiquaient une forte souillure accidentelle. Cette prise, faite à 15 heures, par un beau soleil et un lac très calme, prouve que les divers phénomènes d'oxydation et de sédimentation ont une heureuse influence sur l'épuration des eaux du lac, influence parfois minime ou même nulle quand les circonstances externes sont défavorables.

Prises n° 8

Ce sont les prises de profondeur faites à divers points du lac et à diverses profondeurs. Il m'est arrivé quelques accidents en ce sens que, le 7 octobre, sous une menace de pluie, la prise se fit dans la partie nord du lac, près de la plus grande île, et l'appareil toucha le fond, soulevant la vase: le résultat indiqua 4910 colonies. Le 4 décembre, il fallut casser la glace déjà épaisse d'au moins 15

à 20 cm. Cette prise se fit depuis le plongeur des bains qui est assez peu solide. Sous l'effet des efforts, les pilotis furent ébranlés et ce mouvement dut soulever un peu la vase. Et comme l'endroit est peu profond et que la prise se fit à 1 mètre, j'ai constaté une très forte augmentation de germes.

Moyenne 1366 colonies. — Maximum 7040 le 1^{er} juillet 1927. Minimum 20 colonies le 30 juillet 1927.

Le point intéressant est la forte oscillation du 1^{er} juillet. En surface, j'obtenais 290 germes et à la profondeur de 3 mètres, j'en décelais 7040, ainsi que des réactions très positives sur les agars au rouge-congo et au rouge-neutre. Il est ainsi évident que la tranquillité de la surface du lac permet la sédimentation.

Prises n° 9

Moyenne 8065 colonies. — Maximum 24,960 le 30 juillet 1927. Minimum 320 colonies le 6 novembre 1927.

Les réactions de l'ammoniaque et des nitrites furent toujours négatives. Le volume d'eau est très considérable, la dilution est si forte, le courant si rapide qu'ils expliquent l'échec de toutes mes analyses chimiques.

Par contre, outre la grande quantité de germes présents, les recherches du colibacille furent toujours positives. Ces eaux sont chargées de tous les germes en suspension dans les eaux d'écoulement du lac auxquels s'ajoutent ceux des égouts de Champex. C'est une eau très souillée, très suspecte. D'après un renseignement oral de M. Zari, elle fut utilisée il y a de nombreuses années comme eau alimentaire par les habitants du hameau de « Praz sur Ny » et elle y provoqua plusieurs cas de fièvre typhoïde.

Contrairement aux autres graphiques, celui des prises n° 9 est régulier : il donne les plus hauts chiffres pendant la saison d'été alors que tous les hôtels et tous les chalets sont occupés et que Champex possède une population d'environ 2000 personnes. Au printemps et en hiver, le chiffre des numérations est relativement bas. Une seule oscillation présente un caractère anormal. Alors que le 6 novembre 1927 j'obtenais un minimum avec 320 colonies, le 4 décembre je retrouvais 9500 colonies. Si l'on regarde le graphique général, on remarquera que ce jour-là presque toutes les prises accusèrent une forte augmentation de germes. Le 13 novem-

bre, il avait neigé abondamment et au commencement du mois de décembre toute cette neige avait disparu. Cette fonte abondante lava le sol et apporta aux eaux de Champex une grande quantité de germes, ce qui explique cette recrudescence de la souillure.

Le graphique des moyennes des prises de surface au lac indique aussi, comme les autres graphiques pris séparément, de fortes oscillations et une grande variabilité du nombre de germes avec, cependant, une tendance à s'accroître dès la fin de l'été.

Quant au graphique général, si j'exclus les prises faites aux égouts, je suis amené à y constater les mêmes phénomènes : les Bactéries augmentent à partir du mois d'août et atteignent les plus grandes proportions en automne. D'après mes recherches, si l'eau apparaît pure à ses sources du Val d'Arpette, (ce que je ne peux affirmer avec certitude puisque ces prélèvements d'eaux ne se firent qu'une seule fois à titre comparatif), je constate par contre que, partout ailleurs, elle est plus ou moins souillée et que cette souillure est très variable et se produit sous l'effet de causes extérieures multiples.

Je ne peux guère affirmer avec certitude l'action favorable de la lumière et de la température. Elles me paraissent cependant avoir joué un rôle, vu la quantité plutôt faible des germes de la surface au centre du lac, dont la moyenne est de 585. La sédimentation a aussi une heureuse influence : témoins en sont les prises n° 7 et n° 8 du 1^{er} juillet 1927. Mais je dois ajouter que sa valeur est très relative, car le lac de Champex est petit et la bise presque journalière, plus ou moins violente, remue la masse de l'eau jusque dans la profondeur : la vase est ainsi fréquemment soulevée. En 1893, le professeur *Studer* remarquait que « le ruisseau d'Arpette, qui charrie du sable quartzeux, provoque un courant continu qui va jusqu'au fond et nettoie sans cesse le lit du lac ». Aussi, si l'on tient compte de ce courant provoqué dans la profondeur du lac par l'affluent d'Arpette, dont l'eau froide est forcément plus dense, on comprendra que les sédiments avec tous leurs germes puissent facilement revenir à la surface de l'eau et produire ainsi des oscillations très brusques et très variables.

L'influence des conditions météorologiques est indéniable. Je viens de parler de celle de la bise. Pour constater l'influence de la pluie, il n'y a qu'à se reporter au graphique général, à la date du 1^{er} juillet et celle de la fonte des neiges (qui doit se reproduire à la fin de tous les hivers), à la date du 4 décembre 1927.

A ces causes naturelles de souillure s'ajoute la présence des hommes et des animaux.

J'ai très souvent constaté, sur les bords du lac et des torrents, des boîtes de conserves, des papiers, voire même des matières fécales. Cette insouciance est très blâmable, car les pluies qui lavent ces matières apportent dans les cours d'eaux et le lac de nouveaux germes très dangereux si ces résidus proviennent d'individus malades.

La contamination des eaux du lac par les apports fécaloïdes des ruisseaux 1 bis et 2 bis est aussi indéniable : ils pourraient, à un moment donné, provoquer une épidémie destructive des poissons.

Ces constatations défavorables s'aggravent si nous considérons les résultats des analyses qualitatives. Les moisissures (Hyphomycètes), à part la prise n° 13 faite en forêt, et les Blastomycètes ne furent jamais nombreuses.

Quant aux Bactéries, j'ai rencontré en général une flore bactériologique de l'eau assez normale, renfermant de nombreuses espèces sans signification d'infection grave. Les Coccacées, principalement les Sarcines, furent très nombreuses. Mais j'ai isolé plusieurs bactéries qui indiquent une souillure due aux matières excrémentitielles. D'abord, le colibacille, trouvé à maintes reprises, indique l'évidente souillure par les matières intestinales. Les *Streptococcus*, *Proteus*, *Bacterium fluorescens*, *Bacterium putidum*, *Bacillus mesentericus*, *Bacterium violaceus*, quoique très répandus dans le milieu extérieur, sont des germes caractéristiques des décompositions putrides des matières animales ou végétales, surtout s'ils s'y trouvent en abondance et fréquemment : et ce fut le cas pour les *Bact. fluorescens* et *Bact. vulgare*.

Les Actinomyces, au contraire, indiquent un contact avec le sol. J'ai rencontré, en effet, ces germes après les fortes pluies.

Les germes à signification défavorable furent isolés, en général, des prises n° 1, 1 bis, 2, 2 bis, 5 et 9.

Galli-Valerio et *Vourloud* (8.), dans leurs recherches sur les eaux des citernes du Jura, trouvèrent des nombres de germes variant de 48 et 155 à 4382 et même 14,800 par cm³, et constataient fréquemment les *Bact. fluorescens* associées au *Bact. coli*, *Bact. vulgare*, *Bact. violaceus*, *Bacillus mesentericus*, *Streptococ-*

cus pyogenes : ils rejetaient donc ces eaux, comme suspectes, mais seulement au point de vue de leur potabilité.

Ainsi, les résultats qualitatifs concordent avec les résultats quantitatifs au point de vue de la souillure des eaux du lac de Champex.

Il est donc nécessaire d'agir en sorte que ces eaux reçoivent le moins de souillures possibles. Il faut, en tout cas, recommander aux habitants et aux touristes de ne jeter au lac ni ordures ménagères, ni déchets organiques. Il est nécessaire aussi de supprimer les écoulements n° 1 bis et 2 bis, soit en les rattachant au collecteur des égouts, soit en les dirigeant dans des fosses spéciales. Quant à la grille, quoique n'ayant que peu d'influence sur les eaux du lac, il est recommandable de la nettoyer tous les jours, afin d'y éviter la multiplication des germes.

CONCLUSIONS

Mes recherches sur les eaux du lac de Champex me permettent d'en déduire les conclusions suivantes :

- I. Les Bactéries sont nombreuses au lac de Champex, tandis que les Hyphomycètes et les Blastomycètes y sont plutôt rares.
- II. Leur répartition est inégale suivant les points de prises : elles sont en plus grand nombre sur les bords du lac.
- III. Leur fréquence varie avec les saisons : c'est en automne qu'elles sont les plus nombreuses.
- IV. La souillure du lac est influencée :
 1. par les apports des écoulements 1 bis et 2 bis ;
 2. par les vents et la bise ;
 3. par les pluies et la fonte des neiges ;
 4. par la présence des hommes et du bétail.
- V. Pour empêcher une plus grande souillure de l'eau, il faut absolument s'opposer à tout déversement d'écoulement d'écuries et d'égouts de nouveaux hôtels et chalets dans le lac.

Comme la station de Champex prend chaque année plus d'extension et que la pisciculture s'y développe, ces mesures sont vivement à recommander, même si elles entraînent quelques sacrifices.

OUVRAGES CONSULTÉS

1. **Borwand.** — Travaux de chimie alimentaire. Service fédéral d'Hygiène publique. Vol. XIII, Fasc. 2. Berne 1921.
2. **Calderini.** — Annali d'Igiene. Vol. 35. 1925. Page 765.
3. **Courmont.** — Précis d'Hygiène. Paris. 1925.
4. **Dienert.** — Bulletin mensuel de l'office international d'Hygiène publique. Tome VI. 1914. Page 82.
5. **Düggeli.** — Centralblatt für Bakt. II Abt. Bd. 49, 1919. Page 452.
6. **Farah.** — Causes d'infection et moyens d'assainissement de la plage de Vidy. Thèse. Lausanne. 1927.
7. **E. B. Fred.** — **F. C. Wilson.** — **A. Davenport.** — Annali d'Igiene. Vol. 35. 1925. Page 613.
8. **Galli-Valerio** et **Vourloud.** — Centralblatt für Bakt. II Abt. Bd. 18. 1907. Page 418.
9. **Guillerd.** — Revue d'Hygiène et de Police sanitaire. 1914. Page 444.
10. **von Knaut.** — Tabellen zur Bestimmung der Trinkwasserbakterien. Leipzig. 1911.
11. **Lavanchy.** — Contribution à l'étude de la flore bactérienne du Lac de Genève. Thèse. Genève. 1914.
12. **Le Blaye** et **Guggenheim.** — Manuel pratique de diagnostic bactériologique. Paris. 1914.
13. **Lehmann** und **Neumann.** — Atlas und Grundriss der Bakteriologie. Tome I und II. VI. Auf. Munich. 1920.
14. **Linder.** — Bulletin de la Murithienne. XLIV. 1927.
15. **Macé.** — Traité pratique de Bactériologie. Tome I et II. Edit. VI. Paris. 1913.
16. **Massol.** — Les eaux d'alimentation de la ville de Genève. Genève. 1894.
17. **Matzschita.** — Bacteriologische Diagnostic. Iena. 1902.
18. **Minder.** — Centralblatt für Bakt. II. Abt. Bd. 49. 1919. Page 447.
19. **Mirer.** — Ueber der Uferschlamm des Zürichsees im Bereiche von Schmutzwassereinläufen : Bakteriologische Befunde und deren hygienische Bedeutung. Thèse. Zürich. 1920.
20. **Nussbaumer.** — Ueber die Vereinigung von Seen durch Einleitung städtischer Abwässer mit spezieller Berücksichtigung des Zugersees. Thèse. Zürich. 1909.
21. **Roth.** — Berichte über die Ergebnisse der Untersuchung des Zürichsee-Wassers. Zürich. 1910.
22. **Steinmann** und **Surbeck.** — Die Wirkung organischer Verunreinigungen auf die Fauna schweizerischer fliessender Gewässer. Berne. 1918.
23. **Studer.** — Archives Sc. phys. et nat. XXX. 1893. Pages 637-642.